



Hochschule Reutlingen
Reutlingen University



Uwe Kloos, Natividad Martínez, Gabriela Tullius (Hrsg.)

Informatics Inside **Digital Revolution**

Informatik-Konferenz an der Hochschule Reutlingen
04. Mai 2016



Impressum

Anschrift:

Hochschule Reutlingen
Reutlingen University
Fakultät Informatik
Human-Centered Computing
Alteburgstraße 150
D-72762 Reutlingen

Telefon: +49 7121 / 271-4002

Telefax: +49 7121 / 271-4042

E-Mail: infoinside@reutlingen-university.de

Internet: <http://www.infoinside.reutlingen-university.de>

Organisationskomitee:

Prof. Dr. Gabriela Tullius, Hochschule Reutlingen
Prof. Dr. Natividad Martínez, Hochschule Reutlingen
Prof. Dr. Uwe Kloos, Hochschule Reutlingen

Palina Vorobeve
Julian Freund
Armando Statti
Nils Tofahrn
Thomas Walzer
Natascha Stumpp
Damir Stazic



Hochschule Reutlingen
Reutlingen University

Copyright: © Hochschule Reutlingen, Reutlingen 2016
Herstellung und Verlag: Hochschule Reutlingen
ISBN 978-3-00-052818-7

Inhaltsverzeichnis

Paper

Alexander Kunz

Evaluierung der Lastverteilung und Skalierung von Cloud-Plattformen..... 08

Julian Freund

*Der Einsatz von interaktiven Systemen im Kontext der Präsentation
von historischen Inhalten.....* 16

Armando Statti

*ImmunControl - Erstellung einer Risikomanagementakte nach
DIN EN 14971.....* 24

Nils Tofahrn

*Evaluation verschiedener Lösungsansätze für Display-Walls zum Einsatz in
digitalen Showrooms.....* 32

Thomas Walzer

Aktueller Stand der Digitalisierung der Textilindustrie..... 40

Natascha Stumpp

Interaktionsgeräte für HMD-betriebene Anwendungen..... 48

Shortpaper

Johannes Schirm

Umsetzung einer Studie zum Angebotscharakter in virtueller Realität..... 56

Heiko Brumme und Tobias Fleischer

Mixed Reality Szenengenerator für Straßenszenen..... 58

Fabian Wünsch und Manuel Ramsaier

Digitale Modellierung eines Segways mittels Entwurfssprachen..... 60

Eva Witzel, Paul Pasler und Oliver Bertram

Technologien und Projekte des Internet of Things..... 62

Matthias Merk

Allgegenwärtiges CSCW für Ingenieure..... 64

Verena Wolf, Sunita Nour, Silvia Katolla, Lucas Mieth, Marcel Schneider

*Bewertung eines elektronischen low cost Sensors zur Bestimmung der
Alkoholkonzentration in einem Biofermenter66*

Evaluation verschiedener Lösungsansätze für Display-Walls zum Einsatz in digitalen Showrooms*

Nils Tofahrn
Hochschule Reutlingen
Nils_Thorben.Tofahrn
@Student.Hs-Reutlingen.de

Abstract

In dieser Arbeit werden verschiedene Lösungsansätze für die Konstruktion von Display-Walls in digitalen Showrooms gesammelt und evaluiert. Besonders interessant ist dabei ein digitaler Ansatz, bei dem die Ausgabegeräte von den Zuschauern getrennt sind. Diese Lösung verspricht eine große Flexibilität und eine einfache Erweiterbarkeit im Vergleich zu herkömmlichen Ansätzen. Um diese Aussagen zu prüfen, soll ein funktionaler Prototyp auf Basis der Ergebnisse entwickelt werden.

Schlüsselwörter

Display-Walls, Video Streaming, Virtualisierung, Frame Synchronisation, Visualisierung

CR-Kategorien

I.3.2 [Computer Graphics]: Graphics Systems – Distributed/network graphics; C.2.4

1 Einleitung

Digitale Showrooms sind ein Trend, der sich durch alle Branchen im Handel verbreitet. Sie bieten die Möglichkeit, ausgestellte Waren durch digitale Displays zu unter-

stützen und so den Fokus des Kunden zu lenken und ein interessantes Ambiente zu erschaffen oder auch Zusatzinformationen zu Produkten zu präsentieren. Es gibt auch immer mehr Händler, die auf rein digitale Showrooms setzen, um so Waren an Orten auszustellen, wo es sonst nicht möglich wäre. In diese Kategorie fallen etwa Autohäuser, die aufgrund der benötigten Ausstellungsfläche meist in Randregionen von Ortschaften ausweichen müssen. Marken wie Audi¹ und Mercedes-Benz² haben deswegen beispielsweise digitale Verkaufsräume entwickelt, die den Kundenkontakt und die Autokonfiguration auf kleinem Raum direkt in den Innenstädten erlauben. Zentrales Element aller digitalen Showrooms ist die visuelle Darstellung der Inhalte auf aus mehreren Monitoren zusammengestellten Display-Walls. Diese Ausgaben funktionieren heute in aller Regel mit klassischer Medientechnik in Form von Spezialhardware, was zu einigen Problemen führt. Allem voran sind die so gebauten Lösungen sehr inflexibel. Das einmal erstellte Konzept ist stark individualisiert und kann später für andere Ausstellungen nur mit großem Aufwand angepasst oder skaliert werden. Hewlett-Packard Enterprise zeichnet für die Konzepte einiger dieser Projekte verantwortlich und plant eine Architektur für

¹<http://www.audi.de/de/brand/de/innovation-erleben/audi-city.html>

²<https://www.mercedes-benz.com/de/mercedes-me/mercedes-benz-stores>

Betreuer Hochschule: Prof. Dr. Uwe Kloos
Hochschule Reutlingen
Uwe.Kloos@Reutlingen-
University.de

Betreuer Firma: Dipl.-Ing. (FH) Engelbert Eppler
Hewlett-Packard GmbH
Engelbert.Eppler@hpe.com

Informatics Inside 2016

4. Mai 2016, Hochschule Reutlingen

Copyright 2016 Nils Tofahrn

eine neue Generation digitaler Showrooms, die vollständig auf Informationstechnologie zur Übertragung und Darstellung der Inhalte setzt. Das verspricht eine große Flexibilität, einfache Skalierbarkeit und geringeren Wartungsaufwand, da bestehende Infrastrukturen genutzt werden können. Das zentrale Problem, das dafür gelöst werden muss, ist die flexible Übertragung der Inhalte auf die Bildschirme.

2 Problemstellung

Das Problem an der Konzeption digitaler Showrooms, die auf herkömmlicher Medientechnik basieren (siehe Abschnitt 3.1), ist die fehlende Flexibilität und Skalierbarkeit. Die Inhalte liegen auf den lokalen Zuspieldstationen der entsprechenden Display-Walls und werden von dort ausgegeben. Sollen neue Inhalte dargestellt werden, müssen sie zunächst auf den Zuspielder kopiert werden. Das Hinzufügen neuer Display-Walls zu einem System erfordert immer die Schaffung einer neuen, in sich abgeschlossenen Infrastruktur. Sollen die Inhalte anders auf der Wall verteilt werden, ist eine physische Änderung der Infrastruktur notwendig, indem die Medienhardware neu kombiniert wird.

Wünschenswert wäre ein System, das Inhalte von beliebiger Stelle für alle Bildschirme bereitstellt und so steuerbar ist, dass die Displays beliebig angesprochen und gruppiert werden können. Es sollte im Idealfall mit wenigen Klicks in einem Steuerinterface möglich sein, ein Video an beliebiger Stelle auf beliebig vielen Display-Walls gestreckt oder verteilt wiederzugeben.

Das System sollte außerdem einfach erweiterbar sein, sodass ohne Änderung aller bestehenden Komponenten Display-Walls umgestaltet (vergrößert, verkleinert, neu angeordnet) oder neue Walls aufgestellt werden können. Neben neuen Displays sollen auch neue Inhalte jederzeit einfach eingespielt und auf allen Systemen wiedergegeben werden können.

Außerdem sollten möglichst bestehende oder ohnehin benötigte Infrastrukturen statt Spezialhardware eingesetzt werden. Das hat

zum einen Kostenvorteile, da vorhandene Ressourcen genutzt werden können und verringert zum anderen den Wartungsaufwand. Werden nur austauschbare Standardkomponenten wie Server oder Computer mit verbreiteten Betriebssystemen eingesetzt, muss für die Wartung kein Techniker speziell geschult oder bestellt werden und zudem ist eine einfache und günstige Beschaffung der Komponenten möglich.

3 Lösungsansätze

Es gibt verschiedene Herangehensweisen, um Display-Walls zu betreiben, die im Folgenden beschrieben werden sollen.

3.1 Medientechnik

In der klassischen Medientechnik wird jede Wall als eine eigenständige Einheit behandelt. Direkt an den einzelnen Monitor oder die gesamte Display-Wall wird die Ausgabequelle angeschlossen. Soll ein Video dargestellt werden, wird pro Ausspielstation ein Computer aufgestellt, der über die Grafikkarte mit dem Monitor verbunden ist und dort das Video ausgibt. Im Falle eines einzelnen Displays ist der Ausgang der Grafikkarte direkt mit dem Monitor verbunden, für Display-Walls gibt es interne oder externe Lösungen.

Eine interne Lösung ist eine Grafik- oder Erweiterungskarte, die in den Computer eingebaut wird, der die Inhalte bereitstellt. Damit können mehrere Bildschirme gleichzeitig von einem Computer aus angesprochen werden. Solche Karten werden etwa von *Matrox*³ angeboten. Mittels Spezialsoftware können Inhalte dann über die gesamte Fläche aller Bildschirme gestreckt werden.

Externe Lösungen stellen Spezialhardware zur Verfügung, die die Steuerung der Display-Wall übernimmt. Der einfachste Fall sind Signalsplitter, die ein Eingangssignal auf mehrere Ausgänge verteilen, angeboten etwa von *eyevis*⁴. Dabei wird am Zuspield-

³<http://www.matrox.com/graphics/de/products/video-wall/>

⁴<http://www.eyevis.de/produkte/videowand-controller/eye-4->

computer die Wall als ein einziges Display erkannt, sodass in aller Regel nicht die volle Auflösung aller Monitore genutzt werden kann. Die Granularität ist die gesamte Wall, die Monitore lassen sich nicht einzeln ansprechen. Mehr Flexibilität bieten spezielle Display-Wall Controller beispielsweise von Barco⁵ oder Gefen⁶. Diese sind per Software konfigurierbar, sodass sich mehrere Inhalte frei über die Bildschirme verteilen lassen. In aller Regel müssen die Display-Walls für alle bisher vorgestellten Lösungen in einer homogenen $m \times n$ Matrix mit gleichen Bildschirmen angeordnet sein.

Für komplexere Aufbauten, bei denen die Bildschirme frei verteilt, gedreht oder unterschiedlich groß sein dürfen, sind oft vollständig integrierte Lösungen erforderlich, bei denen die gesamte Konstruktion, inklusive Controller und Displays, zusammen verkauft werden wie zum Beispiel die *Planar Mosaic* von Planar Systems⁷.

3.2 Teildigitale Lösungen

Teildigitale Lösungen sind ein Zwischenschritt von der klassischen Medientechnik zu rein digitalen Methoden. Die Inhalte können hier an beliebiger Stelle im System liegen und werden über ein IP-Netzwerk übertragen, üblicherweise in Form eines Videostreams. Digitale oder analoge Eingaben werden von Spezialhardware als Videostream kodiert, übertragen und an den Ausspielstationen wiederum von speziellen Empfängern dekodiert und ausgegeben. Mehrere Empfänger können dann zu einer Display-Wall kombiniert werden, was insgesamt eine größere Flexibilität bei Konzeption und Betrieb der Installation ermöglicht. Lösungen existieren

hier zum Beispiel von *BrightSign*⁸, *Gefen*⁹ und *Matrox*¹⁰.

3.3 Digitale Lösungen

Rein digitale Lösungen setzen Software ein, die auf gängiger Computerhardware läuft. Über Netzwerkverbindungen wird digitaler Inhalt vom Server an verbundene Clients übertragen, die ihn auf dem Bildschirm ausgeben. Die Serversoftware übernimmt dabei die Koordination und Kommunikation mit der Clientsoftware. Ein wichtiges Problem, das die Software der digitalen Ansätze lösen muss, ist die Synchronisation mehrerer Clients, die gemeinsam eine Display-Wall bespielen. Es ist entscheidend, dass zu jedem Zeitpunkt alle Clients dasselbe Bild anzeigen, damit ein homogener Gesamteindruck entsteht, auch wenn jeder Client nur auf einem Teil der Wall Inhalte ausgibt. [7, 4]

Generell gibt es zwei etablierte Ansätze für digitale Lösungen: Die Berechnung der Inhalte auf dem Server oder die Berechnung der Inhalte auf dem Client. Zudem soll ein dritter, hybrider Ansatz vorgestellt werden.

3.3.1 Berechnung auf dem Server

Bei der serverseitigen Berechnung werden alle Inhalte vom Server bereitgestellt. Das heißt, der Server verpackt die Inhalte aus verschiedenen Quellen in Videostreams. Dabei wird für jeden Client berechnet, welchen Ausschnitt des Inhalts auf seinem Bildschirm dargestellt werden soll und ein Stream mit diesem Ausschnitt erstellt. Jeder Client empfängt dann den für ihn bestimmten Stream und gibt ihn auf dem Bildschirm aus, sodass der Eindruck eines zusammenhängenden Bildes entsteht. Die Arbeitslast liegt auf dem Server, auf dem die Inhalte zusammenkommen oder sogar erst erzeugt

split.html

⁵<https://www.barco.com/en/Products/Video-walls/Video-wall-controllers>

⁶http://www.gefen.com/kvm/ext-hd-vwc-144.jsp?prod_id=14708

⁷<http://www.planar.com/products/lcd-video-walls/mosaic/>

⁸<http://www.brightsign.biz/files/9914/4797/9715/11162015-brightsign-brochure-web.pdf>

⁹<http://www.gefen.com/videooverip/>

¹⁰http://www.matrox.com/graphics/de/products/video_over_ip/maevex/

und anschließend in einzelne Streams umgewandelt werden. Die Clients müssen nur in der Lage sein, den Stream zu empfangen und wiederzugeben was dank hardwareunterstützter Dekodierung bereits auf sehr günstigen Geräten funktioniert. [8, 1, 3] Lösungen in diesem Bereich sind etwa die *Userful Network Video Wall*¹¹ oder das am DFKI Saarbrücken entwickelte System *Display as a Service*¹². Durch die sehr günstigen Clients können kostengünstig eine große Menge an Zuspieldstationen betrieben werden, allerdings muss die Leistung des Servers entsprechend mitskalieren.

3.3.2 Berechnung auf dem Client

Bei der clientseitigen Berechnung kommen auf den Client-Geräten in der Regel Grafikengines zum Einsatz. Alle Clients einer Wall rendern dabei die gleiche Szene, wodurch wiederum der Eindruck eines zusammenhängenden Bildes entsteht. Die Aufgabe des Servers ist es zunächst, alle Clients mit den benötigten Informationen über die darzustellende Szene zu versorgen und sie über Szenenwechsel zu informieren. Bei diesem Ansatz ist es besonders wichtig auf die Synchronisation zu achten, da die Geschwindigkeit mit der die Clients einen Frame berechnen stark davon abhängt wie komplex der Ausschnitt der Szene ist, den sie darstellen. In der Regel sorgen hier eine Kombination verschiedener Lock-Techniken dafür, dass die Clients jederzeit das gleiche Bild berechnen (*Swaplock*) und dieses zur gleichen Zeit darstellen (*Framelock* und *Genlock*) [4]. Dieser Ansatz stellt hohe Anforderungen an die Clients, die die Szene eigenständig berechnen müssen und entlastet dafür den Server, der nur die Koordination übernimmt. [5, 2, 6, 8, 9]

Diese Technik erfordert daher keine teure Serverhardware und entlastet das Netzwerk, da die Inhalte direkt lokal erstellt werden. In diesen Bereich fallen viele professionelle

Visualisierungslösungen wie *Dataton Watchout*¹³, *Ventuz*¹⁴ oder *VizRT*¹⁵.

3.3.3 Hybrider Ansatz

Der hybride Ansatz verteilt die Last zwischen Server und Client und zielt auf eine Entkopplung von Inhaltskomplexität und Anzahl der Empfänger, sodass bei der Skalierung von einem nur jeweils Server oder Clients angepasst werden müssen. Der Server erstellt wieder einen Videostream aus den darzustellenden Inhalten, der dann aber als Ganzes an alle Clients gesendet. Diese empfangen jeweils den kompletten Stream und berechnen daraus den Ausschnitt, der auf dem Teil der Display-Wall ausgegeben werden soll an dem sich der an den Client angeschlossene Bildschirm befindet.

Die Clients müssen hierfür leistungsfähiger sein als bei der reinen Serverberechnung, da sie das dekodierte Video noch weiterverarbeiten müssen, aber nicht so stark wie bei der reinen Clientberechnung, da die Inhaltserstellung weiterhin auf den Server ausgelagert ist. Der große Vorteil ist, dass für einen Inhalt nur ein einziger Stream erstellt werden muss, der in beliebiger Variation und auf beliebig vielen Clients und Walls wiedergegeben werden kann ohne, dass der Server dafür skalieren muss. Für den Betrieb zweier Display-Walls reicht ein einziger Videostream auf der Serverseite. Steigt die Komplexität oder die Anzahl der darzustellenden Inhalte muss der Server stärker werden, die Clients bleiben davon aber unberührt.

4 Evaluation der Lösungen

Die fünf vorgestellten Ansätze sollen nun hinsichtlich ihrer Eignung für den Einsatz von Display-Walls in digitalen Showrooms bewertet werden. Es wurde eingangs schon erwähnt, dass diese Installationen einige besondere Anforderungen stellen. Sie erfordern eine hohe **Flexibilität**, damit bei der

¹¹<http://www.userful.com/videowall>

¹²<http://www.daas.tv>

¹³<http://www.dataton.com/watchout>

¹⁴<http://www.ventuz.com/solutions/video-walls-display-walls-any-resolution>

¹⁵<http://www.vizrt.com/>

Gestaltung der Inhalte möglichst viele Freiheiten gegeben sind und bei den Besuchern eine häufig wechselnde und optisch ansprechende Erfahrung gewährleistet werden kann. Da ein Showroom-Konzept häufig an verschiedenen Orten installiert werden soll, muss neben der Flexibilität auch die **Skalierbarkeit** der Umgebung gegeben sein, um schnell unterschiedliche Platzangebote nutzen zu können. Die Showrooms werden in der Regel von technisch nicht geschultem Verkaufspersonal betreut, das dem Besucher etwa zur Unterstützung im Verkaufsgespräch individuell passende Inhalte präsentieren können muss. Das stellt hohe Anforderungen an die **Steuerbarkeit**. Und schließlich sind für alle Projekte und Installationen immer die **Kosten** der Umsetzung und des Betriebs entscheidend.

Die Medientechnik ist nur sehr eingeschränkt flexibel: Die Hardwareprodukte sind meist auf genau eine Aufgabe zugeschnitten, eine Anpassung erfordert meist Änderungen an der Hardware. Soll das System skaliert werden, muss neue Hardware angeschafft werden, die sowohl Inhalte erzeugen als auch ausgeben und verteilen kann. Da diese Aufbauten oft aus unterschiedlicher Hardware zusammengestellt werden und verschiedene Ausspielstationen nicht verknüpft sind, ist eine zentrale Steuerung schwierig. Für manche Lösungen wie Display-Wall-Controller existieren aber Steuerschnittstellen. Durch die unterschiedlichen Komponenten und vor allem die immer direkte Verknüpfung aus Inhaltserzeugung und -ausgabe sind Lösungen mit Medientechnik zudem oft sehr teuer.

Teildigitale Lösungen verhalten sich hinsichtlich der Flexibilität deutlich besser, da Inhaltserzeugung und -ausgabe voneinander getrennt sind und die Übertragung über Computernetzwerke stattfindet. Für die Anpassung muss nur jeweils eine Seite geändert werden, die Komponenten lassen sich softwaregesteuert anpassen, was auch eine zentrale Steuerbarkeit ermöglicht. Durch das Hinzufügen neuer Empfänger kann die Ausgabe zudem gut skaliert werden. Allerdings

sind die Systeme meist nur für die vom Hersteller geplanten Einsatzzwecke anwendbar, es lassen sich also nicht alle Aufgaben mit einem System lösen. Die Spezialhardware sorgt zudem für verhältnismäßig hohe Kosten.

Digitalen Lösungen ist gemein, dass sie nicht auf Spezialhardware setzen sondern mit unterschiedlichen Computern und Servern arbeiten können. Bei der serverseitigen Berechnung sorgt die zentrale Inhaltsverwaltung wie beim teildigitalen Ansatz für eine gute Flexibilität bei der Verteilung der Inhalte. Vorteilhaft ist hier zudem, dass die Systeme nicht auf einen konkreten Anwendungsfall ausgelegt sind, sondern sich flexibler einsetzen lassen. Problematisch ist aber, dass die Inhalte am Server aufgeteilt werden und sich so nicht beliebig flexibel auf die Bildschirme verteilen lassen. Die zentrale Verteilung aller Inhalte und die Offenheit der Systeme sorgen für sehr gute und offene Steuerungsmöglichkeiten des ganzen Systems. Bei der Skalierbarkeit begrenzt die Leistungsfähigkeit des zentralen Servers jedoch die Skalierbarkeit der Ausspielstationen. Der größte Vorteil des Systems liegt in den Kosten: Die Inhaltsempfänger benötigen so gut wie keine Logik und sind deshalb extrem schlank und kostengünstig.

Bei der clientseitigen Berechnung ist das umgekehrt, hier dient der Server nur der Koordination, die Clients berechnen alle Inhalte, was viel Rechenleistung erfordert und für hohe Kosten sorgt. Die Verteilung von Inhalten ist hier aber deutlich komplizierter, weil sie nicht von zentraler Stelle stammen. Das beeinflusst die Flexibilität. Von Vorteil ist hier aber die theoretisch unbegrenzte clientseitige Skalierung, die das Ansprechen extrem hoher Auflösungen von großer Display-Walls erlaubt. Auch dass die Inhalte direkt vom Client erzeugt und nicht über ein Netzwerk übertragen werden müssen sorgen für eine noch leichtere Skalierung. Die Steuerbarkeit ist aufgrund der verteilten Berechnung keine einfache Aufgabe, wird aber an zentraler Stelle vom Server erledigt.

Der hybride Ansatz entkoppelt Inhaltserzeu-

gung und Ausgabe im Gegensatz zur serverseitigen Berechnung vollständig. Das erlaubt zum einen größte Flexibilität, da ein Inhalt beliebig oft auf unterschiedlichen Bildschirmen ausgegeben werden kann. Inhalte können schnell umgeschaltet und neu verteilt werden. Zum anderen ergibt sich dadurch auch eine ideale Skalierbarkeit, da Ausspielstationen und Inhalte getrennt voneinander skaliert werden können und so jeweils nur Server oder Empfänger angepasst werden müssen. Die Steuerbarkeit funktioniert dank zentraler Inhaltserzeugung ähnlich gut wie bei der serverseitigen Berechnung. Die Kosten der einzelnen Clients sind allerdings etwas höher, da sie auch die Aufgabe der Ausschnittsberechnung übernehmen müssen. Der Vergleich zeigt, dass für den Einsatz in digitalen Showrooms der hybride digitale Ansatz am besten geeignet wäre. Allerdings existiert bisher keine Lösung, die diesen Ansatz verwendet. Deshalb wurde im Rahmen dieser Arbeit ein Prototyp für ein entsprechendes System entwickelt.

5 Entwicklung einer hybriden Lösung

Das Ziel dieser Entwicklung ist ein funktionaler Prototyp, mit dem gezeigt werden kann, ob der hybride digitale Ansatz funktioniert und damit tatsächlich die Vorteile bietet, die sich in der Theorie ergeben. Wie in Abschnitt 3.3.3 bereits ausgeführt wurde, wird der Inhalt vom Server in Form eines Videostreams ausgeliefert. Es ist möglich, beliebige Inhalte in einen Videostream zu verpacken und somit darzustellen, dieser Prozess soll aber nicht Teil des Prototyps sein. Das Besondere ist die Empfängerseite: Jeder Client empfängt den gesamten Stream und stellt dann nur einen Ausschnitt daraus dar. Alle Clients synchronisieren sich untereinander, um zu jedem Zeitpunkt immer denselben Frame anzuzeigen. Dadurch entsteht der Eindruck, dass ein Video über mehrere Monitore verteilt dargestellt wird. Gegenstand des Prototyps soll also die Empfängersoftware sein, die diese beiden Aufgaben übernimmt.

5.1 Umsetzung

Viele Aufgaben wie den Empfang eines Streams, die Dekodierung der Frames sowie deren Ausgabe und auch verschiedene Videofilter mit denen sich der angezeigte Ausschnitt verändern lässt sind in verschiedenen Programmen zur Videowiedergabe bereits enthalten. Deswegen sollen diese für den Prototypen nicht von Grund auf neu entwickelt werden, sondern es wird der quelloffene Player MPV, der diese Funktionalität bietet, als Grundlage verwendet. Dieser muss für den Prototypen um eine Komponente zur Netzwerksynchronisierung erweitert werden.

Diese Komponente nimmt eine unidirektionale Synchronisierung vor, das heißt ein Master gibt den Takt vor und sendet diesen Takt an alle Slaves. Jeder Slave passt dann seine eigene Wiedergabe an den Takt des Masters an.

Der Master und alle Slaves erhalten bei Programmstart eine UDP-Multicast-Adresse übergeben. An diese Adresse sendet der Master nach jedem ausgegebenen Frame seine aktuelle Wiedergabeposition. Jeder Slave horcht auf dieser Adresse, empfängt die Position des Masters und vergleicht sie mit seiner eigenen Position. Ist er dem Master voraus, pausiert er seine eigene Wiedergabe, bis er mit dem Master gleichauf ist. Hängt er dem Master hinterher, führt der Slave einen Sprung an die Wiedergabeposition des Masters aus und setzt die Wiedergabe dann fort. Drei Parameter erlauben die Anpassung der Berechnungen des Slaves an die Übertragungsverzögerung der Masterposition im Netzwerk, die Dauer, die ein Sprung in der Wiedergabeposition dauert sowie einen Grenzwert, unter dem der Slave keinen Sprung ausführt, um eine flüssigere Wiedergabe zu ermöglichen.

5.2 Test

Im Einsatz zeigt sich, dass dieses recht einfache System bereits ausreicht, um eine beliebig große Videowand zu bespielen. Da jedem Client jeweils mitgegeben werden kann, welcher Ausschnitt des Videos wiedergege-

ben werden soll, lässt sich das Video auch vollkommen beliebig auf der Wand verteilen und auch duplizieren, jede Instanz läuft immer synchron zu allen anderen Bildschirmen.

Das System konnte im Test also die erwarteten Vorteile zeigen, und damit die grundsätzliche Praxistauglichkeit des hybriden digitalen Ansatzes nachweisen.

6 Fazit und Ausblick

In dieser Arbeit wurden die verschiedenen Lösungen, mit denen sich eine Display-Wall bespielen lässt, aufgezeigt und analysiert. Dabei hat sich gezeigt, dass im Hinblick auf die Anforderungen eines digitalen Showrooms der hybride digitale Ansatz am vielversprechendsten erscheint, für den bisher keine Lösungen existieren. Basierend auf diesem Ergebnis wurde ein Prototyp für eine solche Lösung entwickelt, der die Beobachtungen auch in der Praxis stützen konnte.

Die gewonnenen Erkenntnisse können nun dafür genutzt werden, eine vollständige, auf Softwarelösungen basierende und hardwareunabhängige Architektur für die Entwicklung von digitalen Showroom Projekten zu entwickeln, die gegenüber den bisherigen Ansätzen flexibler, besser skalierbar, einfach zu kontrollieren und günstiger ist. Dabei muss vor allem auch evaluiert werden, ob der erarbeitete Ansatz nicht nur grundsätzlich technisch funktional ist, sondern auch im Einsatz alle Anforderungen erfüllen kann.

Literatur

- [1] R. Bundulis and G. Arnicans. Concept of virtual machine based high resolution display wall. In *2014 IEEE 2nd Workshop on Advances in Information, Electronic and Electrical Engineering (AIEEE)*, pages 1–6.
- [2] M. Cha, J. Lee, and S. Han. A distributed visualization module and its applications using tiled display wall. In H. S. Yang, K. Enami, N. Magnenat-Thalmann, J. Chen, S. Inoue, Z. Pan, and J.-I. Park, editors, *the 9th ACM SIGGRAPH Conference*, page 63.
- [3] A. Löffler, L. Pica, H. Hoffmann, and P. Slusallek. Networked displays for vr applications: Display as a service. In R. Boulic, C. Cruz-Neira, K. Kiyokawa, and D. Roberts, editors, *Virtual Environments 2012: Proceedings of Joint Virtual Reality Conference of ICAT. Joint Virtual Reality Conference (JVRC-2012)*, October 17-19, Madrid, Spain. Eurographics Association, 2012.
- [4] J. Miroll, A. Löffler, J. Metzger, P. Slusallek, and T. Herfet. Reverse genlock for synchronous tiled display walls with Smart Internet Displays. In *2012 IEEE Second International Conference on Consumer Electronics - Berlin (ICCE-Berlin)*, pages 236–240.
- [5] S. Nam, S. Deshpande, V. Vishwanath, B. Jeong, L. Renambot, and J. Leigh. Multi-application inter-tile synchronization on ultra-high-resolution display walls. In W.-c. Feng and K. Mayer-Patel, editors, *the first annual ACM SIGMM conference*, page 145.
- [6] Nirnimesh, P. Harish, and P. J. Narayanan. Garuda: A Scalable Tiled Display Wall Using Commodity PCs. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 13(5):864–877, 2007. ISSN 1077-2626.
- [7] D. Stødle, J. M. Bjørndalen, and O. J. Anshus. The 22 megapixel laptop. In C. Cruz-Neira and D. Reiners, editors, *the 2007 workshop*, pages 8–es.
- [8] X. Wang and J. Wen. Design of video players system for multi-projector tiled display wall. In *2010 3rd International Congress on Image and Signal Processing (CISP)*, pages 455–457.
- [9] L. Zhang, X. Jiang, K. Lei, and H. Xiong. Building Virtual Entertainment Environment with Tiled Display Wall and Motion Tracking. In *2011 International Conference on Virtual Reality and Visualization (ICVRV)*, pages 283–286.